Операційні системи

Лекція 13

Реалізація файлових систем

План лекції

- FAT
- ufs
- ext2fs
- ext3fs
- /proc
- VFS
- NTFS

Фізична організація FAT

- Логічний розділ, відформатований під файлову систему FAT, містить такі розділи:
  - Завантажувальний сектор (*boot sector*) містить програму початкового завантаження ОС
  - Основна копія FAT
  - Резервна копія FAT
  - Кореневий каталог (*root directory*) займає фіксовану ділянку у 32 сектора (16 кБ), що дозволяє зберігати 512 записів про файли і каталоги (кожний запис – 32 Б)
  - Область даних призначена для розміщення усіх файлів і усіх каталогів, крім кореневого каталогу

Особливості FAT

- Елемент (індексний покажчик) FAT може мати такі значення:
  - Кластер вільний
  - Кластер використовується (номер наступного кластера)
  - Останній кластер файлу
  - Дефектний кластер
  - Резервний
- Розрядність елементів
  - FAT12 – 12 біт – максимум 4096 кластерів
  - FAT16 – 16 біт – максимум 65536 кластерів
    - Максимальний розмір розділу 4 ГБ (кластер 64 кБ)
  - FAT32 – 32 біт – максимум 2^{32} = 4294967296 кластерів
- Кожний запис у каталозі – 32 Б
  - Ім’я файлу – 11 Б у форматі 8.3
  - Довге ім’я файлу – до 255 двохбайтних символів Unicode
  - Довге ім’я поміщається порціями по 13 символів у записи, що безпосередньо йдуть за основним записом каталогу (кожний такий запис містить ще 6 Б службової інформації)

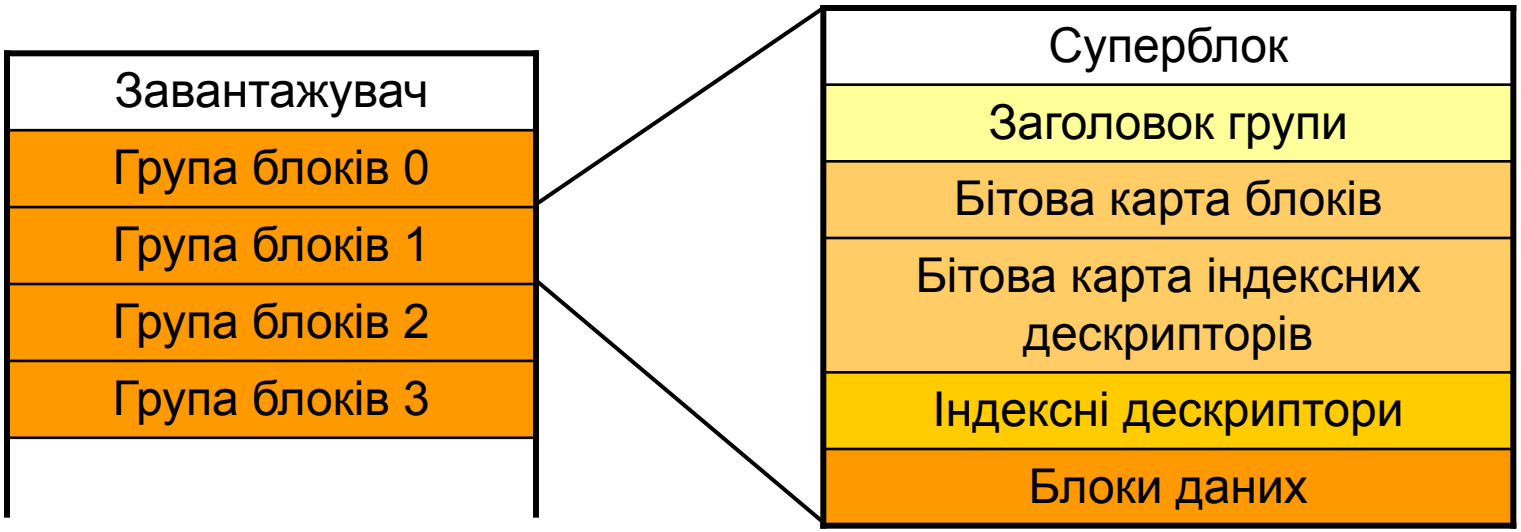
Фізична організація ufs (UNIX File System)

- Розділ містить завантажувальний блок, після якого кілька разів повторюється послідовність:
  - Суперблок – містить загальну інформацію про файлову систему
    - Розмір файлової системи
    - Розмір області індексних дескрипторів
    - Число індексних дескрипторів
    - Список вільних блоків
    - Список вільних індексних дескрипторів
  - Блок групи циліндрів – описує кількість індексних дескрипторів і блоків даних, що розташовані у цій групі циліндрів диска
  - Область індексних дескрипторів
    - Дескриптори розташовані за їхніми номерами
  - Область даних
    - Містить звичайні файли і каталоги (у тому числі кореневий каталог)
    - Спеціальні файли в області даних не відображені

Особливості ufs

- Індексний дескриптор містить
  - Ідентифікатор власника файлу
  - Тип файлу
  - Права доступу до файлу
  - Час останньої модифікації файлу, час останнього звернення до файлу, час останньої модифікації індексного дескриптора
  - Кількість посилань на цей дескриптор (імен файлу)
  - Адресна інформація (була розглянута нами раніше)
  - Розмір файлу в байтах
- Запис про файл у каталозі містить усього два поля: ім’я файлу і номер індексного дескриптора
  - Ім’я файлу в ufs може мати довжину до 255 символів (код ASCII – по одному байту на символ)
- Розмір індексного дескриптора – 64 кБ
- Розмір блоку – 4 або 8 кБ

Фізична організація ext2fs (Linux)



- Група блоків на відміну від групи циліндрів у ufs не прив'язана до геометрії диску
- При створенні файлу намагаються знайти для нього індексний дескриптор у тій групі блоків, де міститься його каталог
- За допомогою бітових карт ведуть облік вільних блоків і індексних дескрипторів
- Розмір бітової карти – 1 кБ, отже група може містити до 8192 блоків
- Розмір блоку – 1 кБ
- Розмір індексного дескриптора – 128 байт

Файлова система ext3fs (Linux)

- Відрізняється від ext2fs наявністю журналу
- Можуть бути задані три режими роботи з журналом
  - Режим журналу (journal)
    - Усі зміни даних зберігаються у журналі
    - Суттєво впливає на продуктивність
  - Упорядкований режим (ordered)
    - Зберігаються тільки зміни в метаданних
    - Блоки даних зберігаються на диску перед метаданними, тому ймовірність їх ушкодження низька
    - Це режим за умовчанням
  - Режим мінімального записування
    - Зберігаються лише зміни в метаданних
- Журнал зберігають у схованому файлі .journal у кореневому каталозі

Файлова система /proc (UNIX, Linux)

- Це спеціальна файлова система, яка насправді взагалі не працює з диском
- Вміст кожного файлу і каталогу генерує програмне забезпечення у відповідь на запит файлової операції
- Кожному процесу відповідає каталог файлової системи /proc
  - Наприклад, процесу з PID=25 відповідає каталог /proc/25
- Зчитування файлів цього каталогу надає певну інформацію про процес
  - /proc/<pid>/cmdinfo – вміст командного рядка
  - /proc/<pid>/cpu – відомості про поточне завантаження процесора
  - /proc/<pid>/status – різноманітна статистика
- У сучасних системах доступна також інша інформація
  - /proc/modules – завантажені модулі ядра
  - /proc/mounts – змонтовані файлові системи
  - /proc/devices – зовнішні пристрої
  - /proc/cpuinfo – процесори
  - /proc/meminfo – стан пам’яті
- /proc/sys і /proc/sys/kernel надають доступ до внутрішніх змінних ядра
  - Можна не лише зчитувати значення, а й записувати нові, змінюючи тим самим характеристики системи без перекомпіляції ядра і без перезавантаження системи

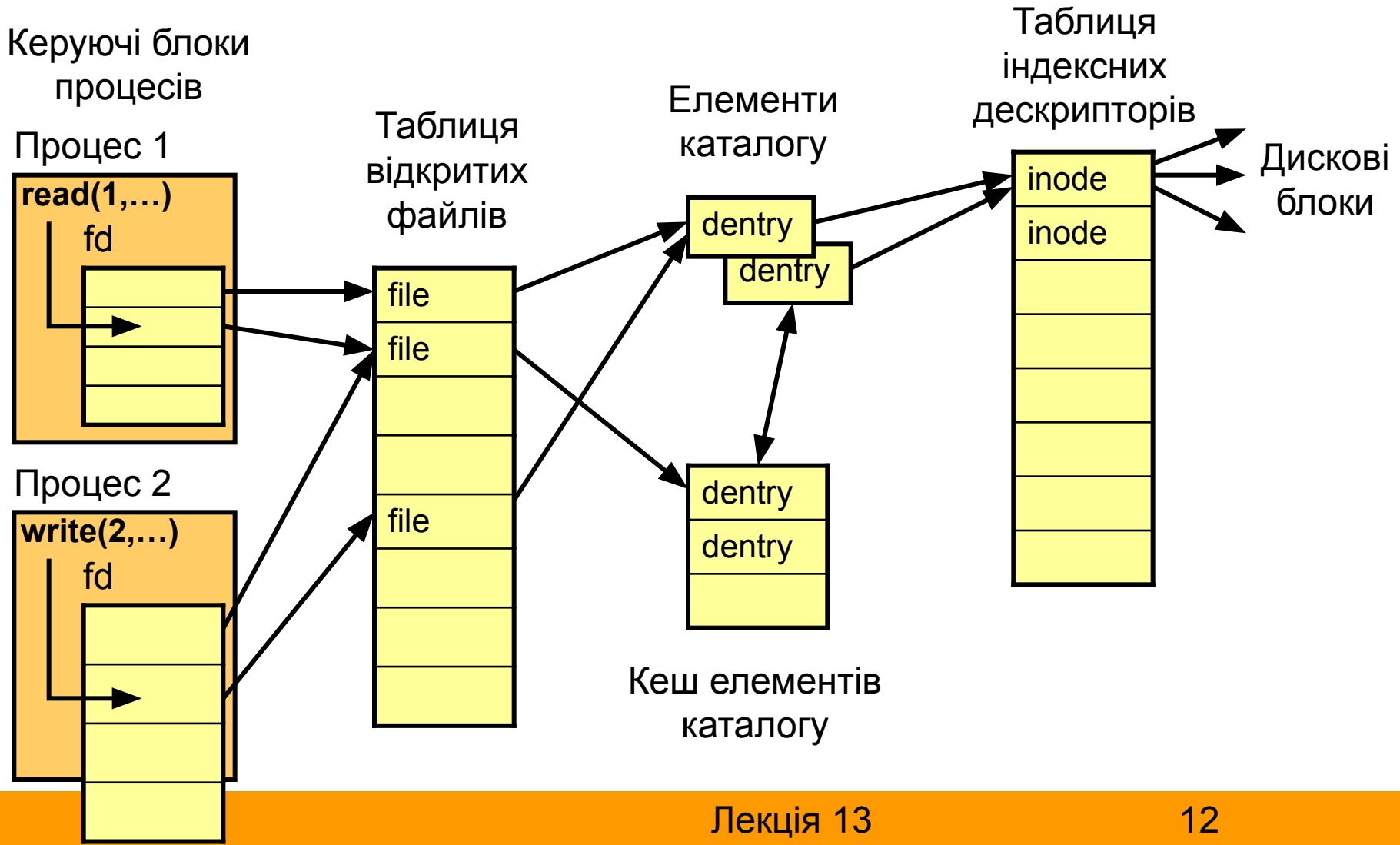
Віртуальна файлова система VFS

- Основною метою є забезпечення роботи ОС з максимально широким набором різних файлових систем
  - Дискові файлові системи
    - ext2fs, ext3fs, ReiserFS, ufs, xfs, FAT, NTFS, ISO9660
  - Мережні файлові системи
    - NFS, SMB
  - Спеціальні (віртуальні) файлові системи
    - /proc
- Рівень VFS забезпечує доступ через стандартні файлові системні виклики до будь-якого рівня програмного забезпечення, що реалізує інтерфейс файлової системи
  - Програмні модулі, що реалізують інтерфейс файлової системи, називаються *модулями підтримки файлових систем*

Об’єкти, що підтримує віртуальна файлова система VFS

- *Об’єкт файлової системи* (*filesystem object* або *superblock object*)
  - Відображає пов’язаний набір файлів, що міститься в ієрархії каталогів
  - Ядро підтримує по одному такому об’єкту для кожної змонтованої файлової системи
- *Об’єкт індексного дескриптора* (*inode object*)
  - Описує набір атрибутів і методів, за допомогою яких відображують файл на рівні файлової системи
  - Відображає файл як ціле
- *Об’єкт відкритого файлу* (*file object*)
  - Відображає відкритий файл на рівні процесу
  - Цей об’єкт створюють системним викликом відкриття файлу
  - В об’єкті зберігається режим доступу до файлу і покажчик поточної позиції
- *Об’єкт елемента каталогу* (*dentry object*) – у Linux
  - Відображає елемент каталогу і його зв’язок з файлом на диску
  - Знаходиться між об’єктами відкритих файлів і об’єктами індексних дескрипторів
  - Об’єкти елемента каталогу, як і об’єкти індексного дескриптора існують незалежно від процесів

Доступ до файлу з процесу у Linux



Файлова система NTFS

- Була розроблена як основна файлова система для ОС Windows NT на початку 90-х років
- Підтримує великі файли і великі диски (обсягом до 2^{64} байт)
- Стійка до відмов
- Забезпечує високу швидкість операцій
- Має гнучку структуру, що дозволяє додавання нових типів записів і атрибутів файлів
- Підтримує довгі символьні імена (до 255 символів Unicode)
- Забезпечує керування доступом до каталогів і файлів

Структура тому NTFS

- Основою структури є *головна таблиця файлів* (Master File Table, MFT)
  - MFT містить щонайменше 1 запис для кожного файлу тому (у тому числі для самої себе), розмір запису однаковий для усього тому і може бути 1, 2 або 4 кБ (типово 2 кБ)
  - Усі файли тому ідентифікуються номером файлу, який визначається його позицією в MFT
- Увесь том є послідовністю кластерів (а не лише область даних)
  - Порядковий номер кластера у томі називають *логічним номером кластера* (Logical Cluster Number, LCN)
  - Номери кластерів зберігаються у 64-розрядних покажчиках
- Базова одиниця розподілу дискового простору в NTFS – це не один кластер, а неперервна область кластерів, яку називають *відрізком*, або *екстентом*
  - Екстент задається логічним номером його першого кластера і кількістю кластерів в екстенті

Структура тому NTFS

- Завантажувальний сектор містить
  - Стандартний блок параметрів BIOS
  - Кількість кластерів у томі
  - Початковий логічний номер кластера основної копії MFT і дзеркальної копії MFT
- Копія завантажувального сектора знаходиться у середині тому
- Перший екстент MFT містить 16 стандартних записів, які створюють під час форматування, про системні файли NTFS
- Нульовий запис MFT містить опис самої MFT, зокрема, адреси усіх її екстентів
  - Безпосередньо після форматування MFT має один екстент, за яким записані системні файли
  - В момент створення першого не системного файлу створюють другий екстент MFT

Системні файли NTFS

0	$Mft	Головна таблиця файлів
1	$MftMirr	Резервна копія перших 16 записів MFT
2	$LogFile	Файл журналу
3	$Volume	Ім’я тому, версія NTFS та інша інформація про том
4	$AttrDef	Таблиця визначення імен, номерів і описів атрибутів
5	$.	Кореневий каталог
6	$Bitmap	Бітова карта кластерів тому, що описує вільні й зайняті кластери
7	$Boot	Адреса завантажувального сектора розділу
8	$BadClus	Список зіпсованих кластерів тому
9	$Quota	Квоти дискового простору для кожного користувача
10	$Upcase	Таблиця перетворення регістру символів для Unicode
11 – 15		Зарезервовані

Структура файлу NTFS

- Файл складається з набору *атрибутів*
  - Кожний з атрибутів є незалежним *потоком* (stream) байтів, який можна створювати, вилучати, зчитувати та записувати
- Деякі атрибути є стандартними для усіх файлів
  - Ім'я (*FileName*)
  - Версія (*Version*)
  - Стандартна інформація про файл, що включає час створення, час відновлення тощо (*Standard Information*)
- Інші атрибути залежать від призначення файлу
  - Каталог має атрибут *Index Root* – структуру даних, що містить список файлів цього каталогу
- Атрибут *Data* містить усі дані файлу
  - В NTFS файл може містити більше одного атрибуту Data, які розрізняють за іменами (дозволена наявність кількох поіменованих потоків даних всередині файлу)
  - За умовчанням файл містить один потік даних, що не має імені
- Атрибути невеликого розміру, які зберігають безпосередньо в запису MFT, називають *резидентними*
  - Атрибут Data може бути резидентним!
- Атрибути великого розміру зберігають на диску окремо, їх називають *нерезидентними*

Розміщення на диску файлів NTFS (1)

- Файли малого розміру (small)
  - Складаються щонайменше з таких атрибутів:
    - Стандартна інформація (SI – standard information)
    - Ім’я файлу (FN – file name)
    - Дані (Data)
    - Дескриптор захисту (SD – security descriptor)
  - Можуть бути повністю розміщені у запису MFT (усі атрибути резидентні)
- Великі файли (large)
  - Атрибут Data є нерезидентним, у його резидентній частині зберігають покажчики на усі екстенти

Розміщення на диску файлів NTFS (2)

- Дуже великі файли (huge)
  - Якщо файл має багато атрибутів або сильно фрагментований, атрибут Data не вміщує усіх покажчиків на екстенти
  - У такому випадку файл займає кілька записів MFT
    - Основний запис називають базовим записом файлу, а решту – записами переповнення
- Надвеликі файли (extremely huge)
  - У базовому записі може не вистачати місця для записів переповнення
  - Атрибут Attribute List можна зробити нерезидентним
  - Можна застосовувати подвійну непряму адресацію (нерезидентний атрибут посилається на інші нерезидентні атрибути)